



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2009120838/07, 01.06.2009**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**01.06.2009**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **01.06.2009**(43) Дата публикации заявки: **10.12.2010** Бюл. № 34(45) Опубликовано: **10.10.2011** Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2309557 C1, 27.10.2007. RU 2312450 C2, 10.06.2007. RU 57061 U1, 27.09.2006. GB 2221359 A, 31.01.1990. US 2004188426 A1, 30.09.2004. JP 2009043700 A, 26.03.2008. WO 03063552 A1, 31.07.2003.**

Адрес для переписки:

**620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
центр интеллектуальной собственности, Т.В.  
Маркс**

(72) Автор(ы):

**Лузгин Владислав Игоревич (RU),  
Петров Александр Юрьевич (RU),  
Черных Илья Викторович (RU),  
Шипицын Виктор Васильевич (RU),  
Лопатин Иван Евгеньевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Уральский федеральный университет имени  
первого Президента России Б.Н. Ельцина"  
(УрФУ) (RU)**

**(54) ТРЕХФАЗНЫЙ МОСТОВОЙ ДВУХЧАСТОТНЫЙ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА (ВАРИАНТЫ)**

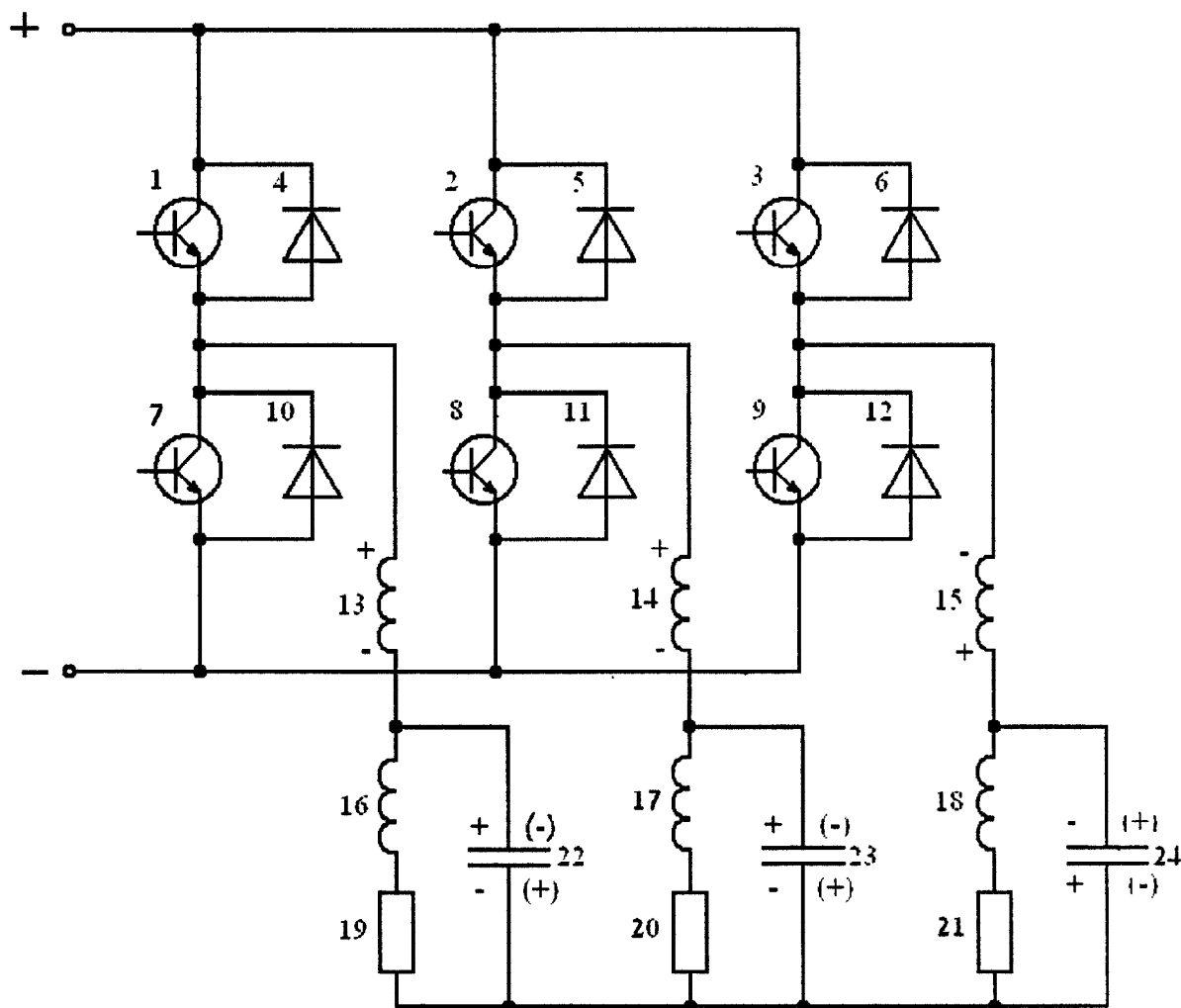
(57) Реферат:

Изобретение относится к преобразовательной технике и может быть использовано в установках для индукционного нагрева и плавки металлов. Технический результат заключается в одновременном генерировании высокочастотного и низкочастотного трехфазного электромагнитных полей и упрощении. Трехфазный мостовой двухчастотный инвертор напряжения содержит шесть транзисторов, шесть диодов, шесть подстроенных дросселей, три однофазных активно-индуктивных нагрузки и три компенсирующих конденсатора, при этом трехфазный инвертор состоит из трех однофазных инверторов, каждый из которых содержит два первых и вторых, последовательно соединенных транзистора, каждый из которых

зашунтирован встречным диодом, при этом все три однофазных инвертора выводами постоянного тока подсоединены к источнику постоянного напряжения, а к выводам переменного тока первыми выводами подсоединены три подстроенных дросселя, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок, образующих трехфазную активно-индуктивную нагрузку, соединенную по схеме «звезда», при этом все транзисторы включены в прямом направлении по отношению к полярности источника постоянного напряжения, при этом каждый компенсирующий конденсатор подсоединен параллельно одной из трех однофазных активно-индуктивных нагрузок. Трехфазный мостовой двухчастотный инвертор напряжения дополнительно снабжен тремя контурами,

каждый из которых состоит из конденсатора и дросселя, при этом ко вторым выводам трех подстроенных дросселей подсоединены первыми выводами три конденсатора, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок, при этом к первым

выводам трех упомянутых конденсаторов подсоединены первыми выводами три дросселя, вторые выводы которых соединены со вторыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

*H02M 7/42* (2006.01)*H02M 7/53* (2006.01)*H02M 7/53862* (2007.01)*H02M 7/5387* (2007.01)*H05B 6/02* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2009120838/07, 01.06.2009**(24) Effective date for property rights:  
**01.06.2009**

Priority:

(22) Date of filing: **01.06.2009**(43) Application published: **10.12.2010 Bull. 34**(45) Date of publication: **10.10.2011 Bull. 28**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU,  
tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Luzgin Vladislav Igorevich (RU),  
Petrov Aleksandr Jur'evich (RU),  
Chernykh Il'ja Viktorovich (RU),  
Shipitsyn Viktor Vasil'evich (RU),  
Lopatin Ivan Evgen'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovaniya "Ural'skij  
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta  
Rossii B.N. El'tsina" (UrFU) (RU)**

**(54) THREE-PHASE BRIDGE TWO-FREQUENCY VOLTAGE INVERTER FOR INDUCTION HEATING (VERSIONS)**

(57) Abstract:

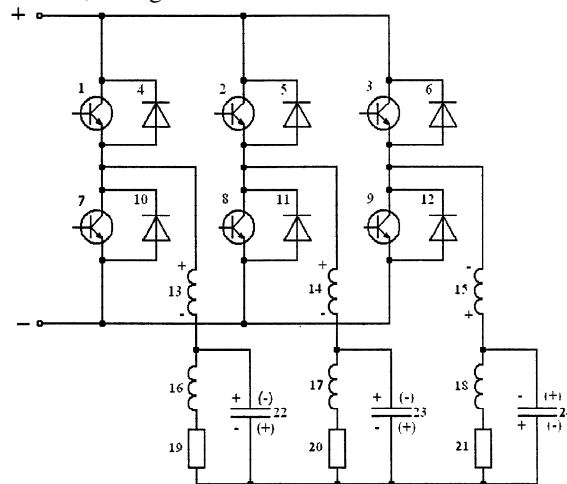
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: three-phase bridge two-frequency voltage inverter includes six transistors, six diodes, six tuned throttles, three single-phase active inductance loads and three balancing capacitors; at that, three-phase inverter consists of three single-phase inverters, each of which includes two first and second in-series connected transistors each of which is shunted with opposite diode; at that, all three single-phase inverters are connected with DC outputs to DC supply, and three tuned throttles are connected with the first outputs to AC outputs; the other outputs of the above throttles are connected to the first outputs of three single-phase active inductance loads forming three-phase active inductance load connected as per star-connected circuit; at that, all transistors are connected in straight direction in relation to polarity of DC supply; at that, each balancing capacitor is parallel connected to one of three single-phase active inductance loads. Three-phase bridge two-frequency voltage inverter is also provided with three circuits each of which consists of capacitor and throttle; at that, to the second outputs of three tuned throttles there connected with the first outputs are three

capacitors the second outputs of which are connected to the first outputs of three single-phase active inductance loads. At that, to the first outputs of three above mentioned capacitors there connected with the first outputs are three throttles the second outputs of which are connected to the second outputs of three single-phase active inductance loads.

EFFECT: simultaneous generation of high-frequency and low-frequency three-phase electromagnetic fields and simple design.

3 cl, 3 dwg



Фиг. 1

Предлагаемое изобретение относится к преобразовательной технике и может быть использовано в установках для индукционного нагрева и плавки металлов.

Известно, что при индукционном нагреве и плавке металлов широко применяется параллельный инвертор, который является аналогом предлагаемому изобретению (Приложение 1, Л.1. Тиристорные преобразователи повышенной частоты для электротехнологических установок. Е.И.Беркович и др. - 2-е изд. доп. и перераб. - Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1983, стр.16, рис.2.1).

Известно, что в одночастотном электромагнитном поле расплавленный металл в нагрузке-индукторе под действием электромагнитных сил движется в нижней части индуктора около стенок снизу вверх, а около оси индуктора сверху вниз, в верхней же части индуктора металл около стенок индуктора движется сверху вниз, а около оси индуктора - снизу вверх, т.е. создается два контура циркуляции. В результате этого движения происходит перемешивание жидкого металла, что улучшает его качество (Приложение 2. Л.2, Шамов А.Н., Бодажков В.А. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок. Изд. 2-е перераб. и доп. - Л.: «Машиностроение», (Ленингр. отд-ние), 1974, стр.45, рис.22). Однако при двух контурах циркуляции перемешивание металла не эффективно, поэтому для повышения эффективности электромагнитного перемешивания металла целесообразно применение наряду с высокочастотным электромагнитным полем низкочастотного многофазного электромагнитного поля (Л.2). В Л.3 для этого предлагается использовать два генератора - один высокочастотный для индукционного нагрева и плавки металла, а второй низкочастотный трехфазный - для электромагнитного перемешивания этого металла (Л.3. Вайнберг А.М. Индукционные плавильные печи. - М.: Энергия, 1967), что также является аналогом предлагаемому изобретению. Однако это увеличивает установленную мощность нагревательного оборудования и требует в течение электротехнологического процесса плавки металла переключений в силовых цепях, что усложняет нагревательное оборудование.

Таким образом, известные аналоги предлагаемому изобретению не обеспечивают достижение заявленного технического результата - одновременное генерирование высокочастотного и многофазного низкочастотного электромагнитных полей и упрощение. Поэтому в качестве прототипа выбран трехфазный мостовой инвертор напряжения (Приложение 3. Л.4. Розанов Ю.К. Силовая электроника: учебник для вузов / Ю.К.Розанов, М.В.Рябчицкий, А.А.Кваснюк. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007, стр.358, рис.7.6, б). Однако прототип также не обеспечивает достижение заявленного выше упомянутого технического результата.

Таким образом, известные аналоги и известный прототип имеют недостатки, которые заключаются в том, что они не могут генерировать одновременно высокочастотное электромагнитное поле и многофазное низкочастотное электромагнитное поле, либо рекомендуют для этого применение двух генераторов, т.е. они не обеспечивают достижение заявленного технического результата, заключающегося в одновременном генерировании и высокочастотного, и многофазного низкочастотного электромагнитных полей и упрощении.

Предлагаемое изобретение решает задачу создания многофазного двухчастотного инвертора напряжения для индукционного нагрева, осуществление которой позволяет достичь заявленный технический результат, заключающийся в возможности одновременного генерирования высокочастотного и низкочастотного многофазного электромагнитных полей и упрощении.

Сущность предлагаемого изобретения - трехфазного мостового двухчастотного

инвертора напряжения для индукционного нагрева, выполненного по первому варианту, заключается в том, что в инвертор, содержащий источник постоянного напряжения, шесть транзисторов, шесть диодов и три однофазных активно-индуктивных нагрузки, при этом трехфазный инвертор состоит из трех однофазных инверторов, каждый из которых содержит два первых и вторых, последовательно соединенных транзистора, каждый из которых зашунтирован встречным диодом, при этом все три однофазных инвертора выводами постоянного тока подсоединены к источнику постоянного напряжения, а к выводам переменного тока, т.е. к средним точкам цепей последовательно соединенных транзисторов подсоединена состоящая из трех однофазных активно-индуктивных нагрузок трехфазная активно-индуктивная нагрузка, соединенная, например, по схеме «звезда», при этом все транзисторы включены в прямом направлении по отношению к полярности источника постоянного напряжения, дополнительно введены три подстроечных дросселя и три компенсирующих конденсатора, при этом к выводам переменного тока трехфазного инвертора подсоединены первые выводы трех подстроечных дросселей, вторые выводы которых соединены с первыми выводами однофазных активно-индуктивных нагрузок, при этом каждый из трех компенсирующих конденсаторов подсоединен параллельно одной из трех однофазных активно-индуктивных нагрузок.

Сущность предлагаемого изобретения, выполненного по второму варианту, заключается в том, что в инвертор, выполненный по первому варианту, введены три дополнительных конденсатора и три дополнительных дросселя, при этом к вторым выводам трех подстроечных дросселей трехфазного инвертора подсоединены первыми выводами три дополнительных конденсатора, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок, при этом к первым выводам трех упомянутых дополнительных конденсаторов подсоединены первыми выводами три дополнительных дросселя, вторые выводы которых соединены с вторыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок.

Сущность предлагаемого изобретения, выполненного по третьему варианту, заключается в том, что в инвертор, выполненный по первому варианту, введены три дополнительных дросселя и три дополнительных конденсатора, при этом с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок соединены первые выводы трех дополнительных дросселей, вторые выводы которых соединены с первыми выводами, трех дополнительных конденсаторов, вторые выводы которых соединены с вторыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок.

Заявленный технический результат - одновременное генерирование высокочастотного и низкочастотного многофазного электромагнитных полей и упрощение (т.к. эти поля генерируются одним инвертором) достигается следующим образом. Каждый из шести транзисторов в первом варианте инвертора неоднократно открывается и закрывается, формируя в нагрузке пачки высокочастотных импульсов тока, в которых частота высокочастотного электромагнитного поля определяется частотой отпираания и запираания транзисторов, при этом в одном из наиболее вероятных режимов длительность пачки высокочастотных импульсов тока равна длительности первого полупериода частоты низкочастотного электромагнитного поля, при этом в течение всего второго полупериода низкочастотного электромагнитного поля транзистор закрыт, при этом каждый транзистор работает с двумя другими транзисторами, при этом режимы работы изменяются три раза в течение каждого полупериода низкой частоты, а каждый последующий транзистор

начинает работу через  $60^\circ$  эл. по низкой частоте, что обеспечивает трехфазное низкочастотное электромагнитное поле. Во втором и третьем вариантах исполнения инвертора за счет добавления контуров из конденсаторов и дросселей, собственная частота которых равна частоте низкочастотного электромагнитного поля, это  
 5 низкочастотное электромагнитное поле усиливается. Таким образом, заявленный трехфазный мостовой двухчастотный инвертор напряжения для индукционного нагрева обеспечивает достижение заявленного технического результата - одновременное генерирование высокочастотного и многофазного низкочастотного  
 10 электромагнитных полей и упрощение.

На фиг.1, 2 и 3 приведены первый, второй и третий варианты предложенных инверторов напряжения.

Трехфазный инвертор, выполненный по первому варианту и приведенный на фиг.1, содержит источник постоянного напряжения, шесть транзисторов 1, 2, 3, 7, 8 и 9,  
 15 шесть диодов 4, 5, 6, 10, 11 и 12 и три однофазных активно-индуктивных нагрузки 16-19, 17-20 и 18-21, три подстроечных дросселя 13, 14 и 15, а также три компенсирующих конденсатора 22, 23 и 24, при этом трехфазный инвертор состоит из трех однофазных инверторов, каждый из которых содержит два первых 1, 2, 3 и вторых 7, 8, 9  
 20 последовательно соединенных транзистора, каждый из которых соответственно зашунтирован встречным диодом 4, 5, 6 и 10, 11, 12, при этом все три однофазных инвертора выводами постоянного тока подсоединены к источнику постоянного напряжения, а к выводам переменного тока трехфазного инвертора первыми  
 25 выводами подсоединены три подстроечных дросселя 13, 14, 15, вторые выводы которых соединены с первыми выводами однофазных активно-индуктивных нагрузок 16-19, 17-20 и 18-21, образующих трехфазную активно-индуктивную нагрузку, соединенную по схеме «звезда», при этом все транзисторы включены в  
 30 прямом направлении по отношению к полярности источника постоянного напряжения, при этом каждый из трех компенсирующих конденсаторов 22, 23 и 24 подсоединен параллельно соответственно одной из трех однофазных активно-индуктивных нагрузок 16-19, 17-20 и 18-21. Инвертор работает следующим образом. Рассмотрим один из возможных режимов, когда каждый транзистор работает на интервале  $\pi$  или  $180^\circ$  эл. по низкой частоте  $f_{нч}=1/T_{нч}$ , при этом имеется шесть  
 35 возможных сочетаний трех одновременно работающих транзисторов: 1, 9, 2; 9, 2, 7; 2, 7, 3; 7, 3, 8; 3, 8, 1; 8, 1, 9, причем эти сочетания сменяют друг друга черед  $\pi/3$  или через  $60^\circ$  эл. по низкой частоте  $f_{нч}$ . На каждом интервале  $\pi/3$  по низкой частоте  $f_{нч}$  три соответствующих транзистора неоднократно открываются и закрываются с высокой  
 40 частотой  $f_{вч}=1/T_{вч}$ . Высокая частота  $f_{вч}$ , равная частоте высокочастотной составляющей электромагнитного поля, выбирается из условия эффективного нагрева и расплавления металла и зависит от типа металла (черный, цветной и т.д.) и его массы, а низкая частота  $f_{нч}$ , равная частоте низкочастотной составляющей  
 45 электромагнитного поля, выбирается из условия эффективного электромагнитного перемешивания расплавленного металла и зависит в основном от массы этого металла и конструкции индукционной печи. В соответствии с описанным режимом работы инвертора соотношение  $f_{вч}/f_{нч}$  не может быть произвольным, а должно соответствовать ряду чисел 6, 12, 18 и т.д.

50 Рассмотрим электромагнитные процессы на интервале  $\pi/3$  по низкой частоте  $f_{нч}$  для первого сочетания, когда работают транзисторы 1, 9, 2. При одновременном отпирании этих транзисторов ток протекает по контурам:

$$\begin{array}{c}
 1 - 13 \langle \begin{array}{c} 16 - 19 \\ 22 \end{array} \rangle \\
 " + " \langle \begin{array}{c} 17 - 20 \\ 23 \end{array} \rangle \times \begin{array}{c} 21 - 18 \\ 24 \end{array} \rangle 15 - 9 - " - " , \\
 2 - 14 \langle \begin{array}{c} 17 - 20 \\ 23 \end{array} \rangle
 \end{array}$$

при этом параметры подстроечных дросселей 13, 14, 15, а также параметры нагрузочных контуров 16-19-22; 17-20-23 и 18-21-24 должны выбираться такими, чтобы ток через транзисторы 1, 9, 2 был близок к синусоидальному, при этом компенсирующие конденсаторы 22, 23, 24 зарядятся до напряжения, большего напряжения источника постоянного напряжения с полярностью, указанной на фиг.1 знаками +, -. Через  $0,5 T_{вч}$  транзисторы 1, 9, 2 закрываются и в оптимальном режиме компенсирующие конденсаторы 22, 23 и 24 в течение интервала  $0,5 T_{вч}$ , отдавая энергию нагрузке, будут перезаряжаться по контурам: 22-16-19-22, 23-17-20-23 и 24-21-18-24 до напряжения, полярность которого на фиг.1 показана знаками (-), (+). После этого транзисторы 1, 9, 2 вновь открываются, вновь закрываются и т.д. в соответствии с вышеприведенным рядом чисел 6, 12, 18 и т.д., а именно при  $f_{вч}/f_{нч}=6$  транзисторы 1, 9, 2 на интервале  $\pi/3$  по низкой частоте открываются и закрываются один раз, при  $f_{вч}/f_{нч}=12$  транзисторы 1, 9, 2 открываются и закрываются два раза и т.д. При отклонении от оптимального режима при возможном изменении параметров нагрузки 16-19; 17-20 и 18-21 после закрывания транзисторов 1, 9, 2 избыточная энергия компенсирующих конденсаторов 22, 23 и 24 будет возвращаться в источник постоянного напряжения через встречные диоды 12, 4, 5 по контурам:

$$\begin{array}{c}
 20 - 17 \\
 18 - 21 \langle \begin{array}{c} 23 \\ 24 \end{array} \rangle 14 - 5 \\
 " - " - 12 - 15 \langle \begin{array}{c} 19 - 16 \\ 22 \end{array} \rangle 13 - 4 \\
 24 \times \begin{array}{c} 23 \\ 24 \end{array} \rangle " + " ,
 \end{array}$$

а избыточная энергия подстроечных дросселей 13, 14, 15 также возвращается в источник постоянного напряжения через встречные диоды 10, 11, 6 по контурам:

$$\begin{array}{c}
 10 - 13 \langle \begin{array}{c} 16 - 19 \\ 22 \end{array} \rangle \\
 " - " \langle \begin{array}{c} 17 - 20 \\ 23 \end{array} \rangle \times \begin{array}{c} 21 - 18 \\ 24 \end{array} \rangle 15 - 6 - " + " . \\
 11 - 14 \langle \begin{array}{c} 17 - 20 \\ 23 \end{array} \rangle
 \end{array}$$

В следующий интервал  $\pi/3$  по низкой частоте работают транзисторы 9, 2, 7, затем 2, 7, 3 и т.д., при этом на каждом интервале  $\pi/3$  по низкой частоте  $f_{нч}$  электромагнитные процессы аналогичны рассмотренным. Таким образом, в трехфазной активно-индуктивной нагрузке 16-19, 17-20 и 18-21 за счет неоднократного включения и выключения транзисторов 1, 2, 3, 7, 8, 9 с высокой частотой  $f_{вч}$  на интервале  $\pi/3$  по низкой частоте  $f_{нч}$ , а также за счет вышеуказанной смены сочетаний одновременно работающих трех транзисторов одновременно формируется высокочастотное электромагнитное поле и трехфазное низкочастотное электромагнитное поле, т.е. достигается заявленный технический результат - одновременное генерирование высокочастотного и трехфазного низкочастотного электромагнитных полей и упрощение.

Трехфазный инвертор, выполненный по второму варианту, приведенный на фиг.2, содержит кроме элементов первого варианта, приведенного на фиг.1, три

дополнительных конденсатора 25, 26, 27 и три дополнительных дросселя 28, 29, 30, при этом ко вторым выводам подстроечных дросселей 13, 14, 15 подсоединены первыми выводами три дополнительных конденсатора 25, 26, 27, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных  
 5 нагрузок 16-19, 17-20 и 18-21, при этом к первым выводам трех упомянутых дополнительных конденсаторов 25, 26, 27 подсоединены первыми выводами три дополнительных дросселя 28, 29, 30, вторые выводы которых соединены с вторыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок 16-19, 17-20 и 18-21.

10 Алгоритм работы транзисторов 1, 2, 3, 7, 8, 9 трехфазного инвертора, выполненного по второму варианту, полностью совпадает с алгоритмом работы этих же транзисторов 1, 2, 3, 7, 8, 9, трехфазного инвертора, выполненного по первому варианту (фиг.1). Однако дополнительные контуры 25-28, 26-29 и 27-30, собственная частота которых совпадает с частотой  $f_{нч}$  низкочастотной составляющей  
 15 электромагнитного поля, усиливают эту низкочастотную составляющую. Низкочастотные токи однофазных активно-индуктивных нагрузок 16-19, 17-20, 18-21 протекают в основном по контурам:

$$20 \quad 25 - 28 < \frac{19 - 16}{22} > 25; \quad 26 - 29 < \frac{20 - 17}{23} > 26 \text{ и}$$

$$27 - < \frac{18 - 21}{24} > 30 - 27,$$

25 при этом по низкочастотной составляющей эти токи сдвинуты относительно друг друга по  $120^\circ$  эл. или на  $2\pi/3$ , что обеспечивает усиление трехфазного низкочастотного электромагнитного поля.

Трехфазный инвертор, выполненный по третьему варианту, приведенный на фиг.3, содержит кроме элементов первого варианта, приведенного на фиг.1, три

30 дополнительных дросселя 31, 32, 33 и три дополнительных конденсатора 34, 35, 36, при этом с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок 16-19, 17-20 и 18-21 соединены первые выводы трех дополнительных дросселей 31, 32, 33, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех дополнительных конденсаторов 34, 35, 36, вторые выводы которых соединены с вторыми выводами  
 35 трех упомянутых однофазных активно-индуктивных нагрузок. Алгоритм работы транзисторов 1, 2, 3, 7, 8, 9 трехфазного инвертора, выполненного по третьему варианту, полностью совпадает с алгоритмом работы этих же транзисторов 1, 2, 3, 7, 8, 9 трехфазного инвертора, выполненного по первому варианту (фиг.1). Однако  
 40 дополнительные контуры 31-34, 32-35 и 33-36, собственная частота которых совпадает с частотой  $f_{нч}$  низкочастотной составляющей электромагнитного поля, усиливают эту низкочастотную составляющую. Низкочастотные токи однофазных активно-индуктивных нагрузок 16-19, 17-20, 18-21 протекают в основном по контурам:

$$45 \quad 34 - 31 < \frac{16 - 19}{22} > 34; \quad 35 - 32 < \frac{17 - 20}{23} > 35 \text{ и}$$

$$36 < \frac{21 - 18}{24} > 33 - 36,$$

50 при этом по низкочастотной составляющей эти токи сдвинуты относительно друг друга на  $120^\circ$  эл. или на  $2\pi/3$ , что обеспечивает усиление трехфазного низкочастотного электромагнитного поля.

Таким образом, во всех трех вариантах заявленный трехфазный двухчастотный



мостовой инвертор напряжения обеспечивает достижение заявленного технического результата - одновременное генерирование высокочастотного и низкочастотного многофазного электромагнитных полей и упрощение.

В заключение необходимо заметить, что при смене полярности источника постоянного напряжения изменяется направление включения транзисторов и диодов; транзисторы и диоды могут быть снабжены известными защитными цепями: резисторными, емкостными, варисторными; активно-индуктивная нагрузка может соединяться не только по схеме «звезда», но и по схеме «треугольник».

#### Формула изобретения

1. Трехфазный мостовой двухчастотный инвертор напряжения для индукционного нагрева, содержащий источник постоянного напряжения, шесть транзисторов, шесть диодов и три однофазных нагрузки, при этом трехфазный инвертор состоит из трех однофазных инверторов, каждый из которых содержит два первых и вторых последовательно соединенных транзистора, каждый из которых зашунтирован встречным диодом, при этом все три однофазных инвертора выводами постоянного тока подсоединены к источнику постоянного напряжения, а к выводам переменного тока, т.е. к средним точкам цепей последовательно соединенных транзисторов подсоединена состоящая из трех однофазных нагрузок трехфазная нагрузка, соединенная по схеме «звезда», при этом все транзисторы включены в прямом направлении по отношению к полярности источника постоянного напряжения, отличающийся тем, что в качестве нагрузок применены активно-индуктивные нагрузки, а также дополнительно введены три подстроечных дросселя и три компенсирующих конденсатора, при этом к выводам переменного тока трехфазного инвертора подсоединены первые выводы трех подстроечных дросселей, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок, при этом каждый из трех компенсирующих конденсаторов подсоединен параллельно одной из трех однофазных активно-индуктивных нагрузок.

2. Трехфазный мостовой двухчастотный инвертор напряжения для индукционного нагрева, содержащий источник постоянного напряжения, шесть транзисторов, шесть диодов и три однофазных нагрузки, при этом трехфазный инвертор состоит из трех однофазных инверторов, каждый из которых содержит два первых и вторых последовательно соединенных транзистора, каждый из которых зашунтирован встречным диодом, при этом все три однофазных инвертора выводами постоянного тока подсоединены к источнику постоянного напряжения, а к выводам переменного тока, т.е. к средним точкам цепей последовательно соединенных транзисторов подсоединена состоящая из трех однофазных нагрузок трехфазная нагрузка, соединенная по схеме «звезда», при этом все транзисторы включены в прямом направлении по отношению к полярности источника постоянного напряжения, отличающийся тем, что в качестве нагрузок применены активно-индуктивные нагрузки, а также дополнительно введены три подстроечных дросселя и три компенсирующих конденсатора, а также вторых три конденсатора и три вторых дросселя, при этом к выводам переменного тока трехфазного инвертора подсоединены первые выводы трех подстроечных дросселей, а каждый из трех компенсирующих конденсаторов подсоединен параллельно одной из трех однофазных активно-индуктивных нагрузок, при этом ко вторым выводам трех подстроечных дросселей подсоединены первыми выводами три вторых конденсатора, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех однофазных активно-

индуктивных нагрузок, при этом к первым выводам трех упомянутых вторых конденсаторов подсоединены первыми выводами три вторых дросселя, вторые выводы которых соединены с вторыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок.

- 5 3. Инвертор по п.1, отличающийся тем, что дополнительно введены три дросселя и три конденсатора, при этом с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок соединены первые выводы трех дросселей, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех конденсаторов, вторые выводы  
10 которых соединены с вторыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок.

15

20

25

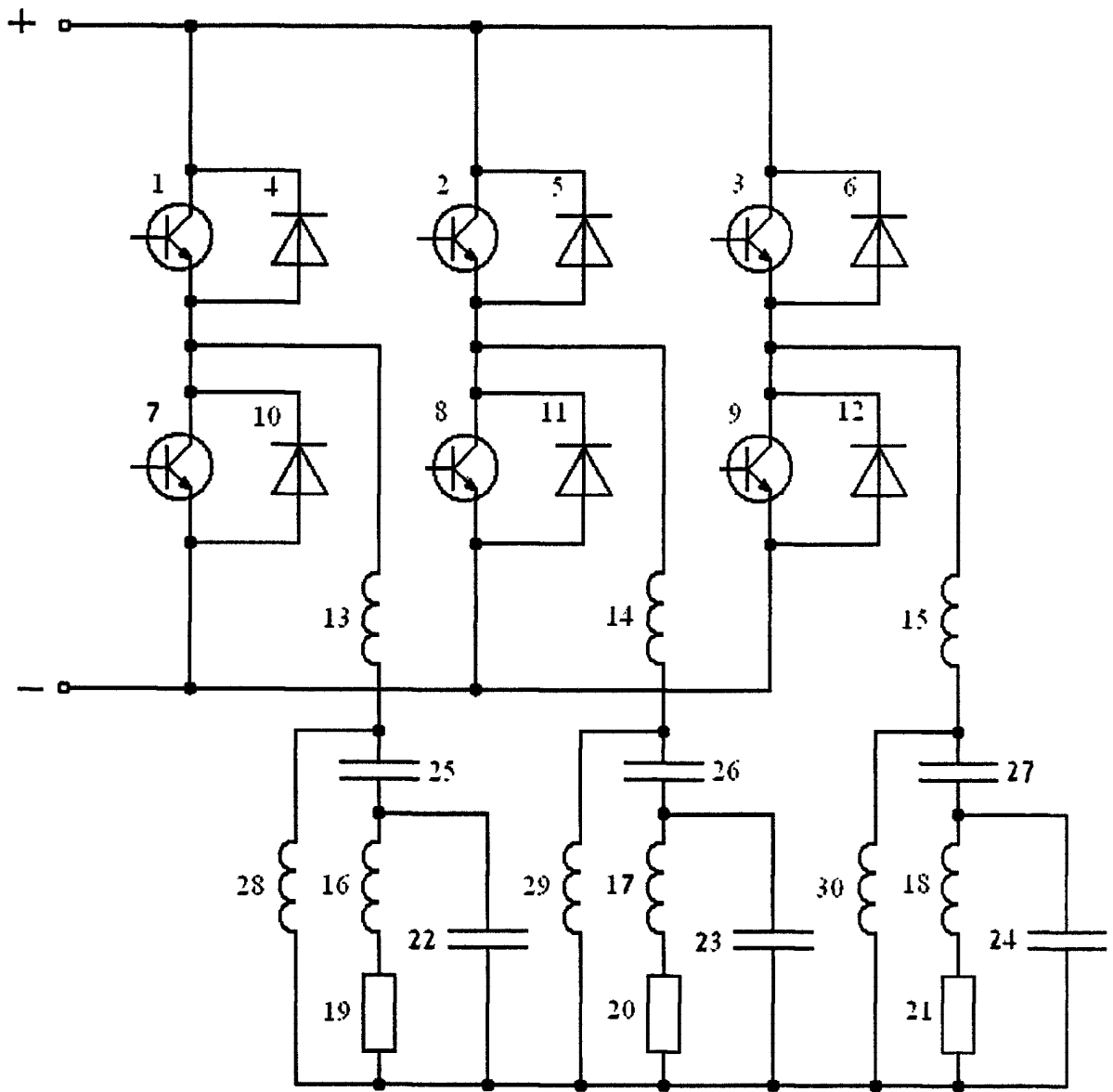
30

35

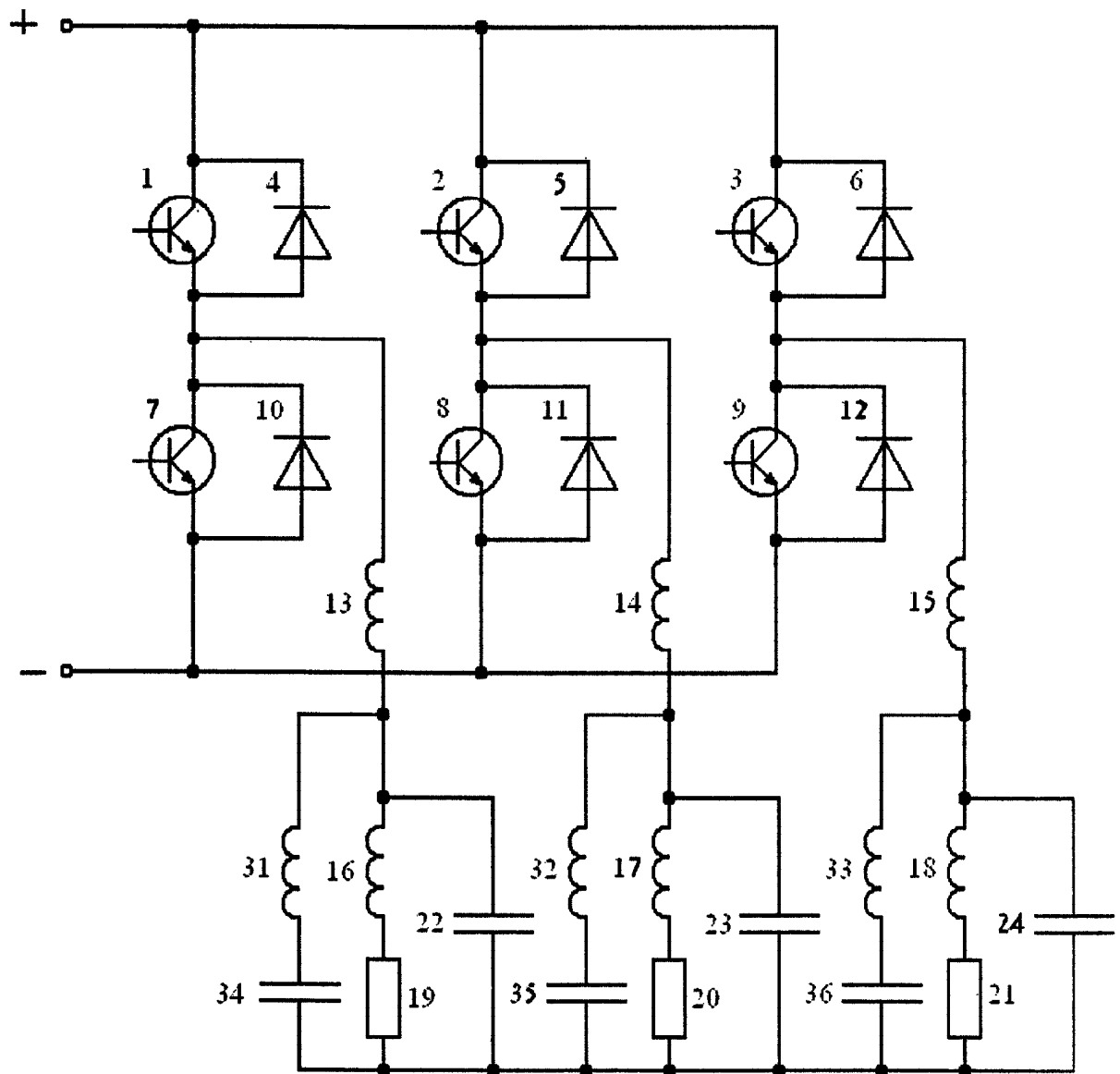
40

45

50



Фиг. 2



Фиг. 3